

## Optical recording method for arbitrary, three-dimensional object surface e.g. vase

**Publication number:** DE19739250

**Publication date:** 1998-03-26

**Inventor:** SPINNLER KLAUS (DE); PAULUS DIETRICH DR (DE);  
LANG PETER (DE); WAGNER THOMAS DR (DE);  
BAUER NORBERT DR (DE); SCHRAMM ULLRICH DR  
(DE)

**Applicant:** FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)

**Classification:**

**- international:** **G01B11/30; G01N21/88; G01N21/95; G01B11/30;**  
**G01N21/88;** (IPC1-7): G01B11/30; B25J18/00;  
G01B11/28; G01M11/08; G01N21/84; G01N21/88

**- european:** G01B11/30B; G01N21/88K; G01N21/95K

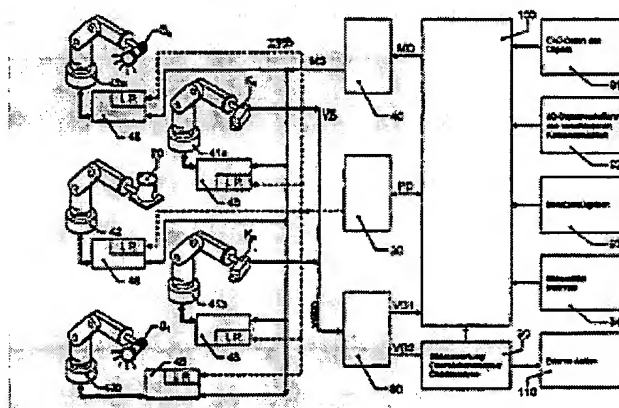
**Application number:** DE19971039250 19970908

**Priority number(s):** DE19971039250 19970908; DE19961037381 19960913

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE19739250

The method uses a lighting unit consisting of one or several lighting arrangements (B1, Bn) brought into a first spatial constellation (43a, 43b) to illuminate an arbitrary object surface (20), and a recording unit consisting of one or several image receivers (K1, Kn) in a second spatial constellation, which record images of the illuminated arbitrary object surface. The arbitrary object surface or the object carrying it, is brought into a spatial position (42) which matches with the first and second constellation of the lighting unit and the recording unit in such way, that an application-specific, predetermined surface recording is possible, at least uniformly for a first surface area of the object.



Data supplied from the [esp@cenet](#) database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

## Optical recording method for arbitrary, three-dimensional object surface e.g vase

**Publication number:** DE19739250

**Publication date:** 1998-03-26

**Inventor:** SPINLER KLAUS (DE); PAULUS DIETRICH DR (DE);  
LANG PETER (DE); WAGNER THOMAS DR (DE);  
BAUER NORBERT DR (DE); SCHRAMM ULLRICH DR  
(DE)

**Applicant:** FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)

**Classification:**

- **international:** G01B11/30; G01N21/88; G01N21/95; G01B11/30;  
G01N21/88; (IPC1-7): G01B11/30; B25J18/00;  
G01B11/28; G01M11/08; G01N21/84; G01N21/88

- **europaen:** G01B11/30B; G01N21/88K; G01N21/95K

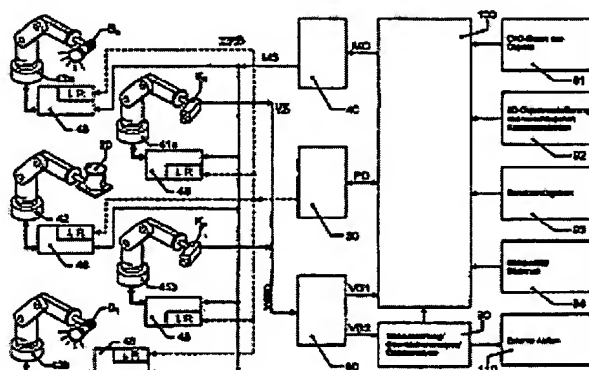
**Application number:** DE19971039250 19970908

**Priority number(s):** DE19971039250 19970908; DE19961037381 19960913

Report a data error here

### Abstract of DE19739250

The method uses a lighting unit consisting of one or several lighting arrangements (B1, Bn) brought into a first spatial constellation (43a,43b) to illuminate an arbitrary object surface (20), and a recording unit consisting of one or several image receivers (K1,Kn) in a second spatial constellation, which record images of the illuminated arbitrary object surface. The arbitrary object surface or the object carrying it, is brought into a spatial position (42) which matches with the first and second constellation of the lighting unit and the recording unit in such way, that an application-specific, predetermined surface recording is possible, at least uniformly for a first surface area of the object.



THIS PAGE BLANK (USPTO)



⑪ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 197 39 250 C 2**

⑳ Aktenzeichen: 197 39 250.4-52  
㉑ Anmeldetag: 8. 9. 1997  
㉒ Offenlegungstag: 28. 3. 1998  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 2. 1. 2003

⑥ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 B 11/30**  
G 01 B 11/28  
G 01 M 11/08  
G 01 N 21/88  
G 01 N 21/84  
B 25 J 18/00

**DE 197 39 250 C 2**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑧ Innere Priorität:  
196 37 381. 6 13. 09. 1996  
⑨ Patentinhaber:  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE  
⑭ Vertreter:  
Leonhard Olgemöller Fricke, 80331 München

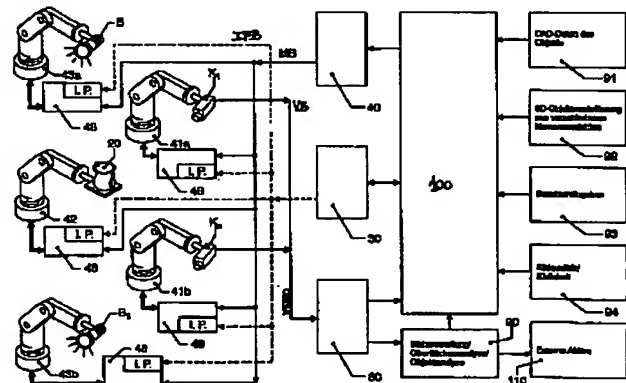
⑦ Erfinder:  
Spinnler, Klaus, 91056 Erlangen, DE; Paulus,  
Dietrich, Dr., 91074 Herzogenaurach, DE; Lang,  
Peter, 91058 Erlangen, DE; Wagner, Thomas, Dr.,  
91054 Erlangen, DE; Bauer, Norbert, Dr., 91058  
Erlangen, DE; Schramm, Ullrich, Dr., 91336  
Heroldsbach, DE

⑮ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 42 10 075 A1  
DE 42 00 801 A1  
DE 41 07 701 A1  
DE 39 41 144 A1  
DE 38 09 221 A1  
EP 02 22 498 A2

⑭ **Optische Erfassung von Freiformflächen**

⑮ Verfahren zum optischen Erfassen von zumindest einer  
Freiformfläche (20), bei dem  
(a) eine Beleuchtungseinheit, bestehend aus einer oder  
mehreren Beleuchtungseinrichtungen (B1, Bn) in eine erste  
räumliche Konstellation (43a, 43b) gebracht wird, um  
die Freiformfläche (20) zu beleuchten;  
(b) eine Aufnahmeeinheit, bestehend aus einer oder  
mehreren Bildaufnehmern (K1, Kn) in eine zweite räumliche  
Konstellation (41a, 41b) gebracht wird, um die aus der  
ersten räumlichen Konstellation ausgeleuchtete Freiform-  
fläche (20) optisch aufzuzeichnen (VB, 80);  
dadurch gekennzeichnet, daß  
(c) Positionsdaten der Freiformfläche oder eines Objekts,  
das die Freiformfläche (20) trägt, von einem Datenmodul  
(91, 92) einem Strategiemodul (100) zugespielt werden,  
wobei die räumlichen Konstellationen der Aufnahmeeinheit  
und der Beleuchtungseinheit automatisch bestimmt  
und automatisch gesteuert eingestellt werden.



**DE 197 39 250 C 2**

## Beschreibung

[0001] Das technische Gebiet der Erfindung ist die optische Erkennung und Erfassung von Freiformflächen (Flächen, die dreidimensional geformt sind, also nicht eben bzw. plan sind). Die optische Erfassung wird mit einem Verfahren durchgeführt, eine Vorrichtung zur Ausführung oder Durchführung des Verfahrens (Arbeitsverfahren) wird auch vorgeschlagen.

[0002] Die automatische Inspektion ist ein wesentlicher Aspekt für eine kostengünstige Qualitätsüberwachung. Eine wesentliche Fragestellung der automatischen visuellen (optischen) Inspektion ist dabei die Prüfung von strukturierten oder unstrukturierten (planen) Oberflächen. Neben planen Oberflächen auf Gegenständen tritt jedoch immer mehr die Notwendigkeit der Prüfung von geformten (nicht ebenen) Oberflächen in den Vordergrund, wobei die Prüfung eine Erfassung dieser Oberfläche hinsichtlich ihrer Struktur, ihrer Fehler, ihrer Qualität oder Güte voraussetzt. Derartige dreidimensional (3D) geformte Flächen (hier als "Freiformflächen" bezeichnet) sind jedoch sehr schwer optisch abzutasten und aufzunehmen, da die Position von Geräten zur Erfassung der Oberfläche von vielen Faktoren, unter anderem der Form der Oberfläche selbst abhängt. "Geräte zur Erfassung" der Oberfläche als ein digitales Bild in einem Prüfsystem können Kameras oder Beleuchtung sein.

[0003] In EP 222 498 A2 (Laughborough), "Making measurements on a body", wird ein Verfahren zur Erfassung von 3D-Formen beschrieben, mit einer Beleuchtungseinrichtung, einem oder mehreren Sensoren (Kameras) sowie einer Drehvorrichtung. Die Beleuchtungseinrichtung ist dabei feststehend so angeordnet, daß ein helles Teilvolumen, durch eine Trennebene begrenzt, angrenzend an ein dunkles Teilvolumen entsteht. Der zu vermessende Körper wird so platziert, daß die Trennebene durch ihn hindurch verläuft. Dabei wird eine Kontur entsprechend der Form des Körpers durch die kontrastierende Beleuchtung an der Trennebene sichtbar, die durch Kameras erfaßt wird. Zur Erfassung der gesamten Oberfläche wird der Körper um eine Achse, die in der Trennebene liegt, gedreht. Die Anordnung von Beleuchtung und Kameras ist während des Meßvorganges statisch.

[0004] Die in DE 39 41 144 A1 (Zeiss), "Koordinatenmeßgerät zur berührungslosen Vermessung von Objekten" beschriebene Vorrichtung verwendet mehrere motorisch verstellbare Kameras zur Gewinnung von Meßdaten für die Bestimmung der 3D-Form, vgl. dort u. a. Spalte 4, Zeilen 31 bis 51 und Zeilen 60 bis 68 sowie Zeilen 11 bis 14. Die verstellbaren Kameras sowie das Objekt sind gemeinsam auf einem schwingungsgedämpften Tisch angebracht. Eine Möglichkeit, die Kameras zu verstellen, d. h. zu drehen und zu schwenken, wird genutzt, um bei unterschiedlich geformten Werkstücken verschiedene Meßpunkte zu erfassen. Dies erfordert Vorwissen der im wesentlichen bekannten Gestalt des Objektes sowie ein manuelles Bestimmen der Kamerapositionen, die dann interaktiv oder programmgesteuert angefahren werden. Die gesamte Vermessung eines Objektes erfordert also ein manuelles Finden und Einrichten der Kamerapositionen für mehrere, u. U. viele Einzelmessungen. Dies muß für unterschiedliche Objekte immer wieder von neuem manuell durchgeführt werden.

[0005] Zwei weitere Verfahren zur Detektion von dreidimensional ausgeprägten Fehlstellen an Objekten, ohne jedoch die Form des Prüfobjektes insgesamt zu erfassen, werden in DE 38 09 221 A1 und DE 42 00 801 A1 beschrieben.

[0006] Die DE 42 10 075 A1 beschreibt ein Verfahren zur berührungslosen Kontrolle von Form- und Oberflächenbeschaffenheit speziell für glänzende Oberflächen.

[0007] In der DE 41 07 701 A1 wird ein Verfahren zu

Identifikation von Objekten mit Hilfe einer Kamera und mehrerer Lichtquellen beschrieben.

[0008] Es ist Aufgabe der Erfindung die Aufnahme der Oberfläche so zu konditionieren, daß Oberflächenbereiche des Zielobjektes in einer geeigneten Weise aufgenommen werden können, wobei unter "geeignet" bestimmte optische Vorgaben gemeint sind, wie z. B. reflexfrei oder "im Glanzwinkel" oder "im Streulicht", die in der Prüftechnik gängige technische Begriffe mit entsprechenden Bedeutungsinhalt sind.

[0009] Mit der Erfindung wird das als Verfahren oder Vorrichtung dann erreicht, wenn die Beleuchtungseinheit (bestehend aus einer oder mehreren Beleuchtungseinrichtungen) und die Aufnahmeeinheit (bestehend aus einer oder mehreren Bildaufnehmern) eigenständig über mechanische Einrichtungen räumlich so verstellt werden, daß das von der Aufnahmeeinheit (der einen oder den mehreren Kameras) aufgezeichnete Bild in der für die Aufnahmesituation vorgegebenen Eignung erfaßt werden kann (Anspruch 1, 13).

[0010] Unter Eignung ist die Vorgabe zu verstehen, daß ein Oberflächenbereich z. B. reflexfrei wiedergegeben werden soll. Unter Eignung ist auch zu verstehen, daß der Oberflächenbereich, z. B. im Glanzwinkel wiedergegeben werden soll. Auch kann darunter verstanden werden, daß die Oberfläche z. B. im Streulicht wiedergegeben werden soll.

[0011] Die von der Aufnahmeeinheit aufgezeichneten Bilder müssen nicht notwendigerweise mit sichtbarem Licht aufgezeichnet werden, das "optische Erfassen" von Freiformflächen erfaßt ebenso Frequenzen außerhalb des sichtbaren Lichtes, z. B. Infrarot- und UV-Strahlen, die durch vorgesetzte Strahlungsumsetzer auf die Frequenz umgesetzt werden können, für die der in der Kamera (dem Bildaufnehmer) vorgesehene Chip empfindlich ist.

[0012] Eine komplette Freiformfläche (die Oberfläche der dreidimensional geformten Fläche) kann durch Zusammensetzen der Oberflächenbereiche erhalten werden, wenn die jeweils aneinandergrenzenden Bereiche unter derselben Bedingung (reflexfrei, Glanzwinkel, Streulicht) aufgezeichnet wurden.

[0013] Auch das Prüfobjekt, das die Freiformfläche trägt, kann im Raum unabhängig verändert werden (Anspruch 2), wobei es über eine mechanische Stelleinrichtung so verstellt wird, daß zusammen mit der Positionierung der einen oder mehreren Kameras und der Positionierung der einen oder mehreren Beleuchtungseinrichtungen eine der Vorgabe entsprechende Aufzeichnung erfolgen kann, die im wesentlichen nur die vorgegebene Bedingung erfüllt.

[0014] Werden mehrere Bildaufnehmer und mehrere Beleuchtungseinrichtungen räumlich so verstellt, daß sie eine vorgegebene räumliche Verteilung haben, so spricht die Erfindung von einer "Aufnahmeanordnung", die auch die vorgegeben eingestellte räumliche Lage der Freiformfläche beinhalten kann (Anspruch 3).

[0015] Für bestimmte Oberflächenabschnitte (Oberflächenbereiche) der gesamten Freiformfläche kann eine jeweils individuelle Aufzeichnung erfolgen. Die Oberflächenstücke können dann in einer Recheneinrichtung zusammengefügt werden, um ein vollumfängliches Bild der gesamten Oberfläche zu ergeben (Anspruch 4).

[0016] Das Strategiemodul liefert die Positionsdaten der Freiformfläche (oder des sie tragenden Objekts) und die räumlichen Konstellationen der Aufnahmeeinheit sowie der Beleuchtungseinheit (Anspruch 13) werden automatisch bestimmbar und gesteuert einstellbar (positioniert), um die gewünschte Eignung (Anspruch 3) der "Aufnahmeanordnung" zu erzielen (Anspruch 1, Anspruch 7).

[0017] Unter der zuvor beschriebenen "Eignung" in reflexfreier Form, in Form einer Darstellung im Glanzwinkel

oder im Streulicht versteht die Erfindung, daß der gerade aufzunehmende Oberflächenbereich problemspezifisch richtig beleuchtet ist, so daß seine Oberfläche die der Vorgabe entsprechende einheitliche Luminanz hat (Anspruch 3).

[0018] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Freiformfläche des Objekts als CAD-Datensatz vorliegen. Sie kann auch aus einer Folge von Bildern oder Stereobildern gewonnen werden.

[0019] Eine Folge von Aufnahmeanordnungen, wie oben definiert, wird von der Erfindung als eine "Aufnahmestrategie" bezeichnet, um die gesamte Oberfläche optisch zu erfassen (Anspruch 5). Jede Aufnahmeanordnung wird dabei individuell eingestellt und angefahren und nach Aufzeichnung des Bildes wird die nächste Aufnahmeanordnung eingestellt und angefahren, bis im Rahmen der Aufnahmestrategie die gesamte Freiformfläche – oder der relevante Bereich davon – mit der jeweils für das Problem ausgewählten "Luminanz" aufgezeichnet ist, z. B. reflexfrei oder im Glanzwinkel oder im Streulicht oder ähnliches.

[0020] Die Erfindung wird nachfolgend anhand mehrerer Ausführungsbeispiele erläutert und ergänzt.

[0021] Fig. 1 veranschaulicht ein Übersichts-Ausführungsbeispiel, in dem das steuertechnische System (rechter Bildabschnitt) und das mechanische System (linker Bildabschnitt) gleichzeitig gezeigt ist.

[0022] Fig. 2a bis Fig. 2c veranschaulichen die Folgen von Reflexionen an einem 3D-Freiform-Objekt mit unterschiedlicher Luminanz.

[0023] Fig. 3a bis Fig. 3c zeigen mit den Reflexionen der Fig. 2 eine zu stark ausgeprägte Gussnaht als Fehler-Detailaufnahme.

[0024] Eine Motoriksteuerung 40 ist vorgesehen, die über einen Motorikbus MB mehrere Positioniereinheiten 41a, 41b, 42, 43a, 43b ansteuert, die jeweils ein Gerät zur Aufzeichnung oder Beleuchtung oder das Objekt mit der Freiformfläche 20 selbst tragen. Die mechanischen Positioniereinheiten 41a, 41b tragen die Kameras K1, Kn. Die mechanischen Positioniereinheiten 43a, 43b tragen die Beleuchtungseinrichtungen B1, Bn. Die Positioniereinrichtung 42 trägt das Objekt, dessen Freiformfläche 20 optisch abgetastet werden soll, um sie zu überprüfen. Das Objekt 20 wird im folgenden "Aufnahmeobjekt" genannt.

[0025] Die zuvor beschriebenen Positioniereinheiten haben Einstellmöglichkeiten in bis zu sechs Dimensionen, namentlich drei oder weniger räumliche Verschiebungs-Freiheitsgrade und drei oder weniger Richtungs-Freiheitsgrade, definiert durch Drehwinkel im Raum. Jede der zuvor umschriebenen Positioniereinheiten wird angesteuert über den beschriebenen Motorikbus MB und hat eine "mechanische Kopplung" X zu dem jeweiligen Gerät oder Objekt, das ihm fest zugeordnet ist. Die mechanische Kopplung X ist eine Mehrachsen-Kopplung der jeweiligen Positioniereinheit (Roboter).

(a) Das Aufnahmeobjekt 20 wird mit der Positioniereinheit 42 räumlich und in seiner Ausrichtung an der räumlichen Position eingestellt. Die Position, in die das Aufnahmeobjekt mit der zu beleuchtenden und aufzunehmenden Freiformfläche gebracht werden kann, ist beliebig.

(b) Beleuchtungseinrichtungen B1, Bn ("n" steht für eine allgemeine ganze Zahl gleich oder größer 1) werden von den Positioniereinheiten 43a, 43b getragen. Es sind beispielhaft zwei von diesen Positioniereinheiten gezeichnet. Sowohl eine, wie auch drei, vier oder fünf und mehrere können gewählt werden, mit jeweils entsprechend bestückter Beleuchtungseinrichtung, wobei

die Anzahl das System zwar komplexer macht, die Ausleuchtung der Oberfläche aber genauer gestalten kann. Auch diese Positioniereinheiten 43a, 43b können die drei oder weniger räumlichen Verschiebungs-Freiheitsgrade und die drei oder weniger Richtungs-Freiheitsgrade haben.

(c) Auf weiteren Positioniereinheiten 41a, 41b sind Kameras K1, Kn angebracht, wobei auf jeder Positioniereinheit jeweils eine Kamera angeordnet ist. Jede Kamera kann damit individuell verstellt werden, auch in der oben beschriebenen Weise der maximal drei räumlichen Freiheitsgrade (Raumposition) und der maximal drei Richtungs-Freiheitsgrade (Raumwinkel oder Orientierung), um zu den schon eingestellten Beleuchtungen und der schon eingestellten Freiformfläche 20 eine entsprechende Aufzeichnungsposition einzunehmen.

[0026] Jede Kamera K, jede Beleuchtung B und ggf. auch die aufzunehmende Oberfläche 20 können einzeln (individuell) über die Motorik-Steuerung 40 in "eine Aufnahmeanordnung" gebracht werden, übergeordnet gesteuert von dem Strategiemodul 100, das auf Basis von Eingangsdaten eine Aufnahmestrategie, bestehend aus mehreren Aufnahmeanordnungen erstellt und die verschiedenen "Aufnahmeanordnungen" nacheinander über die Motorik-Steuerung 40 einstellen läßt. So kann eine gesamte Oberfläche 20 in einer Bildauswertung 90, die von einer Bildaufnahme VB, 80 gespeist wird, angesammelt und ausgewertet werden. Die erwähnte Sensorik oder Bildaufnahme 80 sammelt die Daten der Kameras, die über den Videobus VB eingehen und überträgt sie in computerlesbare Form, um sie an das Bildauswertemodul 90 weiterzugeben.

[0027] Eine Parametrierungssteuerung 30 ist vorgesehen, die über einen internen Parameterbus IPB die Einstellung von internen Parametern an den Geräten oder der aufzunehmenden Oberfläche vornimmt. So ist es möglich, bei den Kameras K eine spezielle Aufnahmeoptik auszuwählen, Fokussierung, Polarisationszustand, Blende oder ähnliches einzustellen, was über einen internen Parametersatz geschieht. Für die Beleuchtungseinrichtung B können die internen Parameter die Lichtstärke oder die Art der Beleuchtung (gerichtet, strukturiert diffus oder polarisiert) vorgeben, auch gesteuert durch einen internen Parametersatz, der über den IP-Bus eingestellt wird. Auch am Aufnahmeobjekt 20 können interne Parameter eingestellt werden. Die in der Figur als i. P. (interne Parameter) beispielhaft dargestellten Parameter des Aufnahmeobjekts 20 können z. B. seine Temperatur sein.

[0028] Das CAD-Datenmodul 91 liefert dem Strategiemodul 100 CAD-Daten. Diese Daten beschreiben das Objekt oder die Freiformfläche 20, soweit es für die Erstellung einer Aufnahmestrategie (bestehend aus mehreren Aufnahmeanordnungen) nötig ist.

[0029] Eine Objektmodellierung 92 kann vorgesehen sein, die dem Strategiemodul 100 eine aus unterschiedlichen Bildaufnehmer-Ansichten gewonnene 3D-Beschreibung liefert, die zur Erstellung der Aufnahmestrategie verwendet wird.

[0030] Das Strategiemodul 100 entwirft auf der Basis seiner Eingangsdaten eine Aufnahmestrategie für die Fläche auf dem Objekt 20, also eine Folge von Aufnahmeanordnungen, die von den Positioniereinrichtungen 41a, 41b, 42, 43a, 43b angefahren werden. Hierzu wird zuerst aus Benutzereingaben 93 bestimmt, welche Oberflächenbereiche des Objekts 20 in welchen Aufnahmearten (Streulicht, usw.) aufgenommen werden sollen. Aus den geometrischen Positionen der aufzunehmenden Oberflächenbereiche im Raum

und der Kenntnis der Freiheitsgrade der Beleuchtungseinheiten  $B_i$  und Aufnahmeeinheiten  $K_i$  sowie der Positioniereinheit 42 für das Aufnahmeobjekt wird unter Verwendung der physikalischen Gesetze zu Beleuchtung und optischer Abbildung eine Folge von geeigneten Aufnahmeanordnungen berechnet und an Motoriksteuerung 40 und Parametersteuerung weitergegeben.

[0031] Das Strategiemodul 100 kann auch Daten aus der Bildqualitäts-/Bildinhaltsvorgabe 94 erhalten. Diese Daten können aus der aktuellen Aufnahmesituation stammen, und schon hier auf die Aufnahmestrategie Rückwirkung haben. Dadurch kann z. B. eine mangelnde Bildschärfe oder eine falsche Beleuchtungssituation nachgeregt werden, nach Art eines geschlossenen Regelkreises. Auch können CAD-Daten des Objekts, die zur Erstellung der Aufnahmestrategie verwendet werden, nachträglich verändert werden.

[0032] In der schon erwähnten Bildauswertung 90 können Prüfaufgaben implementiert sein, z. B. eine Oberflächenprüfung, eine Vermessung oder eine Erkennung eines bestimmten charakteristischen Bereiches oder Fehlers. Die Prüfung erfolgt mit dem von den Bildaufnehmern  $K_1$ ,  $K_n$  gelieferten Bildausschnitt, oder an einem aus mehreren Bildausschnitten zusammengesetzten Gesamtbild der Freiformfläche. Die über die Auswertung 90 erhaltenen Ergebnisse können an ein externes Aktionsmodul 110 weitergegeben werden, das ebenfalls rückkoppelnd in das Strategiemodul 100 einspeisen kann.

[0033] Die Folgen von Beleuchtungen unterschiedlicher Art eines 3D-Freiform-Objektes in Gestalt einer Kaffeekanne ist in den Fig. 2a bis 2c und ein Ausschnitt daraus als Fehler-Detailaufnahme in den Fig. 3a bis 3c gezeigt. Jeweils die Fig. 2a und 3a sowie die Fig. 2b und 3b sowie die Fig. 2c und 3c gehören hinsichtlich der Lichtintensität, in der sie aufgenommen worden sind, zusammen. Am dunkelsten ist das Figurenpar "a", am hellsten ist das Figurenpar "c" abgebildet. Deutlich ist zu sehen, daß aufgrund von Reflektionen 24, 22, 23 auf der Oberfläche der Kaffeekanne 20 nicht alle Oberflächenteile gleichzeitig mit einer Kamera und einer Beleuchtungskonstellation aufgenommen werden können, wenn ein gleichmäßig ausgeleuchtetes Bild in einer gewählten "Eignung" (z. B. reflexfrei) erhalten werden soll. Die hellen Bereiche 24 in Fig. 2a können zwar von einem intelligenten Betrachter menschlicher Natur unterschieden werden von Schäden oder Herstellungsfehlern, eine automatisierte optische Erkennung aber vermag diese hohe Intelligenz nicht unbedingt aufzubringen und könnte deshalb die Reflektionen 24 in Fig. 2a als Fehler einstufen, ebenso wie ein tatsächlich vorhandener Fehler 21 in Form einer vorhandenen Gußnaht in den Fig. 3a bis 3c zu erkennen gewesen wäre. Diese zu stark ausgeprägte Gußnaht kann durch eine geeignete Positionierung der Beleuchtung und der Kameras über das Strategiemodul 100 in mehreren Aufnahmeanordnungen so ausgeleuchtet werden, daß die dargestellten hellen Reflexe 23, 22 nahe der Gußnaht entfallen und ein Bild in einer einheitlichen Darstellung erhalten werden kann, das als verbleibende Unregelmäßigkeiten nur die Herstellungsfehler, die detektiert werden sollen, enthält.

[0034] Die Fig. 3a kann z. B. in mehreren Bereichen abgetastet werden, so daß jeweils kleinere Bereiche in einer bestimmten Beleuchtungs-Anordnung und einer bestimmten Aufnahme-Anordnung abgetastet und gespeichert werden, um danach eine weitere Aufnahme-Anordnung anzusteuern und ebenfalls einen weiteren, an den ersten Bereich angrenzenden, zweiten Bereich abzutasten und zu speichern und im Speicher dann zusammenzusetzen.

[0035] Als Bildaufnehmer können Kameras mit Zeilenaufnehmer oder mit Matrixsensor verwendet werden. Zur Beleuchtung eignen sich alle gängigen Lichtquellen. Für die

Positioniereinheiten können Handhabungssysteme eingesetzt werden, die den beschriebenen Freiheitsgraden genügen.

[0036] Mit der beschriebenen Folge von im Raum festgelegten Positionen (den Aufnahmeanordnungen) wird die Oberflächenprüfung entweder an Oberflächenbereichen oder an der gesamten Oberfläche möglich, nur basierend auf automatisierter Auswertung einer digital dargestellten Freiformfläche.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum optischen Erfassen von zumindest einer Freiformfläche (20), bei dem

(a) eine Beleuchtungseinheit, bestehend aus einer oder mehreren Beleuchtungseinrichtungen ( $B_1$ ,  $B_n$ ) in eine erste räumliche Konstellation (43a, 43b) gebracht wird, um die Freiformfläche (20) zu beleuchten;

(b) eine Aufnahmeeinheit, bestehend aus einer oder mehreren Bildaufnehmern ( $K_1$ ,  $K_n$ ) in eine zweite räumliche Konstellation (41a, 41b) gebracht wird, um die aus der ersten räumlichen Konstellation ausgeleuchtete Freiformfläche (20) optisch aufzuzeichnen (VB, 80);

dadurch gekennzeichnet, daß

(c) Positionsdaten der Freiformfläche oder eines Objekts, das die Freiformfläche (20) trägt, von einem Datenmodul (91, 92) einem Strategiemodul (100) zugespeist werden, wobei die räumlichen Konstellationen der Aufnahmeeinheit und der Beleuchtungseinheit automatisch bestimmt und automatisch gesteuert eingestellt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Freiformfläche (20) oder das sie tragende Aufnahmeobjekt in eine Raumlage gebracht (42) wird, die zu der ersten und zweiten Konstellation der Beleuchtungseinheit und Aufnahmeeinheit ( $B_1$ ,  $B_n$ ,  $K_1$ ,  $K_n$ ) so paßt, daß eine problemspezifisch vorgegebene Oberflächenaufzeichnung möglich ist, zumindest einheitlich für einen ersten Oberflächenbereich der Freiformfläche (20).

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste und zweite räumliche Konstellation und die erste Raumlage eine "Aufnahmeanordnung" bilden, um die Aufzeichnung eines Bereichs (Segments) der Freiformfläche (20) in einer einheitlichen Luminanz, insbesondere reflexfrei, im Glanzwinkel, im Streulicht, zu erreichen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die komplette Oberfläche der Freiformfläche (20) durch digitales Zusammenfügen erfaßter Oberflächenbereiche (Segmente) aus einer jeweiligen Aufnahmeanordnung zusammengesetzt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Aufnahmestrategie aus mehreren nacheinander eingestellten Aufnahmeanordnungen besteht, insbesondere aus dritter und vierter oder fünfter und sechster Konstellation und zugehöriger zweiter oder dritter Raumlage, die von einem Strategiemodul (100) nacheinander vorgegeben (40, MB) werden.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Einstellung von Raumlage und Konstellation über Positioniereinrichtungen (41a, 41b; 42; 43a, 43b) ausgeführt wird, die mehrere kartesische räumliche Freiheitsgrade und mehrere räumliche Richtungs-Freiheitsgrade einzustellen erlauben.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Strategiemodul mit einer Rückkopp-



lung aus aufgezeichneten Bildern (80, 90; VB1, VB2, VB) der Aufnahmeeinheit (B1, Bn) versorgt wird, zur Veränderung der räumlichen Konstellation zumindest einer der Einheiten.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Beleuchtungseinheit und die Aufnahmeeinheit unabhängig voneinander einstellbar sind (MB, 40), insbesondere alle Einrichtungen oder Aufnehmer (B1, Bn, K1, Kn) in den Einheiten individuell in ihrer Raumlage und ihrer Richtung im Raum einstellbar sind. 10

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem über einen Parameterbus (IPB) Vorgaben von internen Parametern (i. P.) in den Bildaufnehmern (K1, Kn) oder den Beleuchtungseinheiten (B1, Bn) einstellbar sind. 15

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Aufnahmeeinheit (K1, Kn) eine oder mehrere zeilenorientierte oder matrixorientierte Kamera(s) mit entsprechendem Bildchip aufweisen. 20

11. Verfahren nach einem der vorigen Ansprüche, bei dem das optische Erfassen mit Frequenzen im sichtbaren Licht oder außerhalb des sichtbaren Lichtes, wie im Infrarot-Spektralbereich oder im UV-Bereich erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem ein zum jeweiligen Spektrum passender Bandbereichs-Filter vor der Kamera (K1, Kn) angeordnet ist; oder ein die optischen Wellenlängen der Beleuchtungseinheiten (B1, Bn) auf den Empfindlichkeitsbereich der Kameras (K1, Kn) bzw. darin befindlicher Bildchips umsetzender Filter vorgesehen ist, der vor der jeweiligen Kamera angeordnet ist. 25 30

13. Vorrichtung zum optischen Erfassen von zumindest einer Freiformfläche (20) über eine Beleuchtungseinheit (B1, Bn) und eine Aufnahmeeinheit (K1, Kn), sowie eine Motoriksteuerung; gekennzeichnet durch ein Strategiemodul (100), das aus ihm zugeführten Eingangsdaten (91) über die Eigenschaft und/oder Form der jeweiligen Freiformfläche (20) eine Folge von erster/zweiter, dritter/vierter und fortfolgender Raumkonstellations-Paare von jeweils Beleuchtungseinheit (B1, Bn) und Aufnahmeeinheit (K1, Kn) vorgibt, die über die Motoriksteuerung (40, MB) den Einheiten (B1, Bn; K1, Kn) aufgegeben werden, um sie nacheinander unter Herstellung von Videodaten (VB) eines ersten, zweiten und fortfolgenden Aufnahmebereichs der jeweiligen Freiformfläche auszuführen. 35 40 45

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Aufnahmebereich ein Segment oder ein Bildbereich ist. 50

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

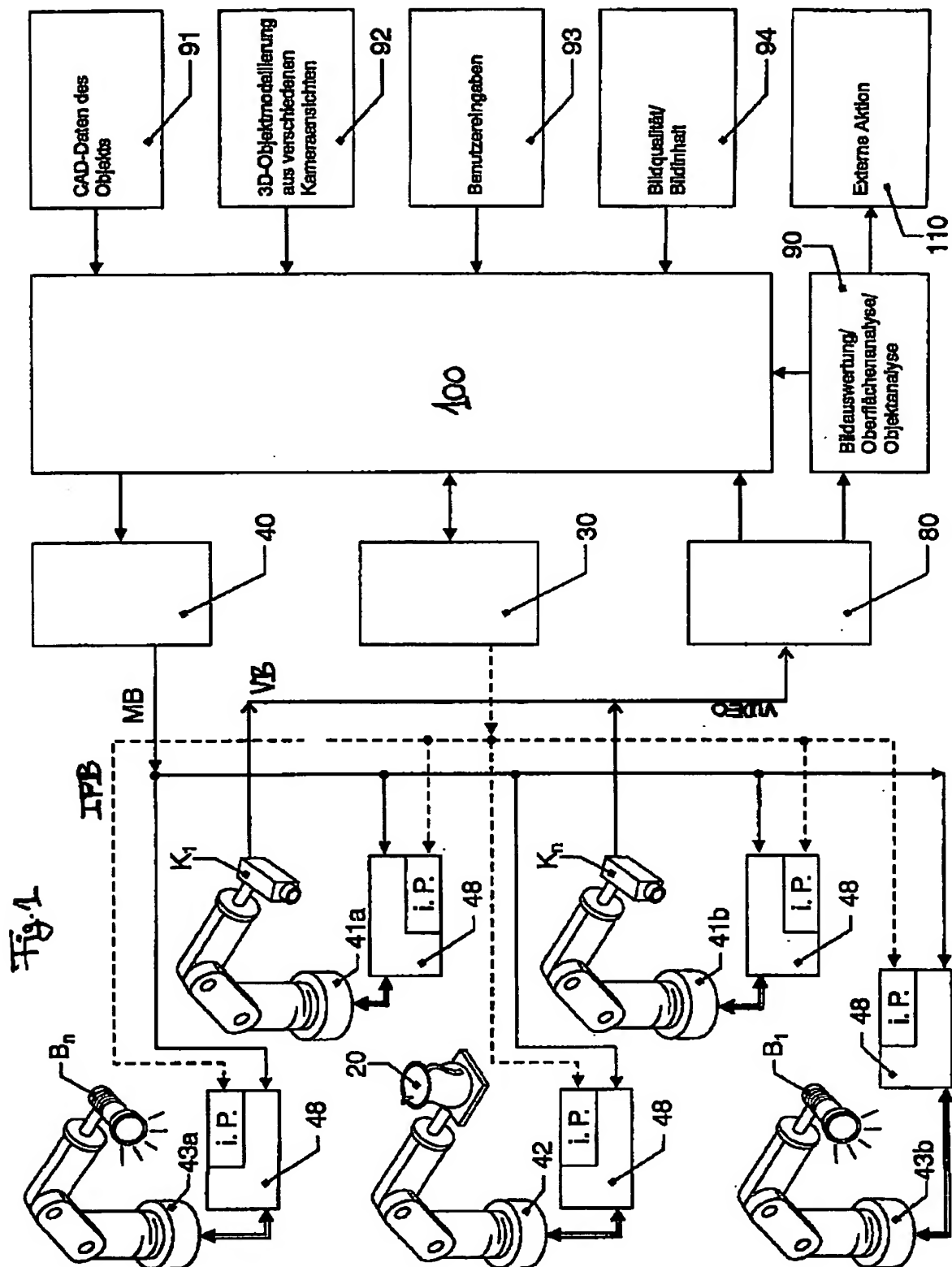
---

55

60

65

- Leerseite -



Figur 2a Fig. 3a



24



21

Figur 2b

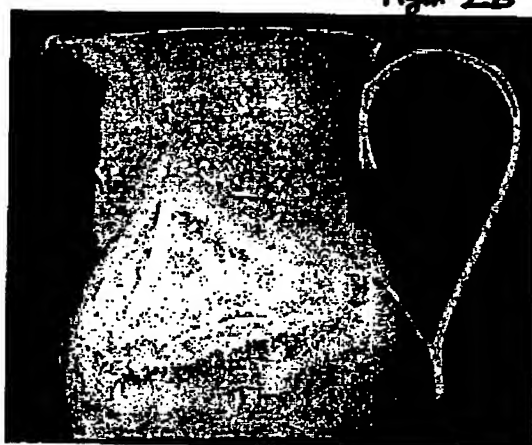


Fig. 3b

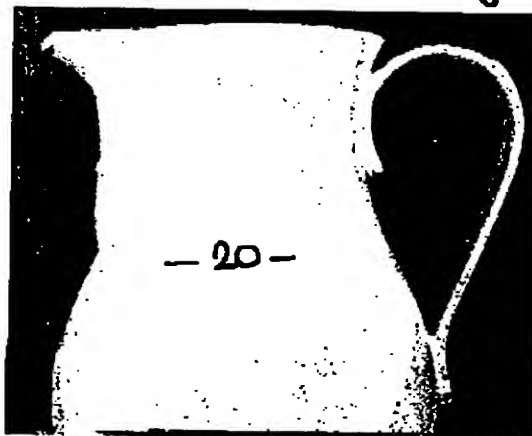


22

23

21

Fig 2c Fig 3c



- 20 -



21